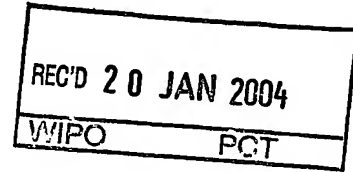


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP03/13293

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 55 498.6

Anmeldetag: 27. November 2002

Anmelder/Inhaber: KOMET Präzisionswerkzeuge Robert Breuning
GmbH, Besigheim/DE

Bezeichnung: Rohrförmiger Rohling zur Herstellung von
Bohrwerkzeugen

IPC: B 23 P 15/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Letang

STUTTGART

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Eckhard Wolf*
Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Johannes Lutz*
Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Thomas Pfiz*

BADEN-BADEN

Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Thilo Corts

Zustelladresse:
Hauptmannsreute 93
D-70193 Stuttgart

Telefon 0711 - 187760
Telefax 0711 - 187765

KOMET Präzisionswerkzeuge Robert Breuning GmbH
Zeppelinstraße 3
74354 Besigheim

Rohrförmiger Rohling zur Herstellung von Bohrwerkzeugen

A 16 585

18.11.02

f - ru

Rohrförmiger Rohling zur Herstellung von Bohrwerkzeugen

Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft einen rohrförmigen Rohling zur Herstellung von Bohrwerkzeugen, wobei der Rohling eine unter Einformen von geraden oder wendelförmigen Spannuten und Kühlmittelkanälen spanlos umformbare Umformpartie aufweist und das fertige Werkzeug mit einem Schaft zur Einspannung in eine Werkzeugmaschine sowie mit einer mit Schneiden versehenen
10 Bohrspitze bestückbar ist.

- Aus der DE-A-198 56 986 ist es bekannt, zur Herstellung eines Bohrwerkzeugs einen rohrförmigen Rohling zu verwenden, der aus einem Rohrstück mit über seine Länge konstantem Innen- und Außendurchmesser aus duktilen Material besteht. Der Rohling wird dort zur Herstellung eines Bohrerkörpers unter Einformen von Spannuten und Kühlmittelkanälen im Rundknetverfahren spanlos umgeformt und wird nachträglich an seinem rückwärtigen Ende mit einem Bohrschaft zur Einspannung in eine Werkzeugmaschine bestückt. Es ist dabei bekannt, dass der Bohrschaft beispielsweise am fertigen Bohrerkörper durch geeignete Spannmittel (z.B. Schrauben) eingespannt wird. Dazu ist eine an den Bereich der Spannut anschließende Spannpartie erforderlich. Bei der Herstellung konkreter, im Einsatz funktionsfähiger Bohrer unter Verwendung der bekannten Rohlinge mit über die Länge konstantem Innen- und Außendurchmesser hat es sich gezeigt, dass je
20 nach Wandstärke des Rohlings entweder die spanlose Umformbarkeit in der Umformpartie oder die Festigkeit in der Spannpartie zu wünschen übrig lässt.

- Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen rohrförmigen Rohling der eingangs angegebenen Art zu entwickeln, der den un-
30

terschiedlichen Verformungs- und Festigkeitsvoraussetzungen in der Umformpartie und der Spannpartie des Bohrerkörpers Rechnung trägt.

5 Zur Lösung dieser Aufgabe wird die im Patentanspruch 1 angegebene Merkmalskombination vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

10 Die erfindungsgemäße Lösung geht von der Erkenntnis aus, dass für die Herstellung von Bohrwerkzeugen der Rohling in der Umformpartie eine relativ kleine Materialwandstärke aufweisen sollte, damit mit wenigen Arbeitsschritten eine ausreichende Verformung stattfinden kann, während im Bereich der Spannpartie dickerwandiges Material erforderlich ist, um die bei der Einspannung auftretenden Kräfte aufnehmen zu können. Die Einspannung am Bohrerchaft erfolgt beispielsweise mittels Spannschrauben, die gegen
15 eine Spannfläche in der Spannpartie einwirken, oder durch thermisches Aufschrumpen des Werkzeugschafts auf die Spannpartie. Im ersteren Falle ergeben sich durch die Spannfläche Materialverdünnungen, wenn sie spanabhebend erzeugt werden. Da die Spannschrauben gegen die materialverdünnte Zone andrücken, muss dafür gesorgt werden, dass noch ausreichend
20 Material bei der Erzeugung der Spannfläche stehen bleibt. Entsprechendes gilt, wenn die Spannfläche spanlos beispielsweise in einem Schmiedevorgang eingeformt wird. Im Falle des Schrumpfens muss berücksichtigt werden, dass das Spannfutter auf erhöhte Temperatur, beispielsweise auf 400 °C aufgeheizt wird und eine relativ hohe Wärmekapazität aufweist. Dies führt
25 beim Kontakt zu einer Aufheizung der Spannpartie und im Moment der Einspannung zu einer reduzierten Festigkeit. Die Wandstärke muss daher so gewählt werden, dass die Spannpartie bei diesem Spann- oder Klemmvorgang nicht plastisch verformt wird. Um diesen einander widersprechenden Voraussetzungen Rechnung zu tragen, wird gemäß der Erfindung eine am
30 schaftseitigen Ende der Umformpartie angeordnete, einstückig mit dieser

verbundene Spannpartie vorgeschlagen, deren Rohrwandstärke größer als im Bereich der Umformpartie ist.

5 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Rohraußendurchmesser im Bereich der Spannpartie größer als im Bereich der Umformpartie. Grundsätzlich ist es dabei möglich, dass der Rohrinne-
durchmesser im Bereich der Spannpartie und der Umformpartie gleich groß ist, oder dass der Rohrinne-
durchmesser im Bereich der Spannpartie größer oder kleiner als im Bereich der Umformpartie ist.

10

15 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass auf der Außenseite der Spannpartie eine vorzugsweise ebene Spannfläche angeordnet ist, wobei der Rohrinne-
durchmesser über die Länge der Spannpartie konstant oder variabel und im Bereich der Spannfläche kleiner als außerhalb
der Spannfläche sein kann. Die Spannfläche kann dabei parallel zur Rohr-
achse verlaufen. Auch ein schräger Verlauf der Spannfläche gegenüber der
Rohrachse ist möglich. Im letzteren Falle kann das Bohrwerkzeug besser
gegen ein Herausziehen des Werkzeugs aus seiner Einspannung gesichert
werden.

20

25 Am einfachsten ist es, wenn sowohl der innenseitige als auch der außenseitige Umriss des Rohlings über die Länge der Spannpartie und über die Länge der Umformpartie kreisförmig ist und einen konstanten Durchmesser aufweist. Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, dass der innenseitige Umriss zumindest über die Länge der Spannpartie oval oder elliptisch ausgebildet ist, wobei die Spannfläche zweckmäßig im Bereich des kleineren Rohrinne-
durchmessers angeordnet ist. Auf diese Weise kann im Bereich der
Spannfläche die Wandstärke und damit die Festigkeit der Spannpartie vergrößert werden.

30

- Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass bei konstantem Rohraußendurchmesser der Rohrinne Durchmesser zumindest über einen Teil der Länge der Umformpartie zum freien Ende hin konisch divergiert. Mit dieser Maßnahme können die beim Umformvorgang gebildeten Kühlkanäle zur Bohrspitze hin erweitert werden. Eine weitere Modifikation der Kühlkanäle über die Länge der Umformpartie lässt sich dadurch erreichen, dass der innenseitige Umriss des Rohlings zumindest über einen Teil der Länge der Umformpartie oval oder elliptisch ausgebildet ist.
- 5
- 10 Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zwischen der Umformpartie und der Spannpartie ein Übergangsabschnitt vorgesehen ist, der konisch verläuft. Vorteilhafterweise ist der Übergangsabschnitt innenseitig zwischen Spannpartie und Umformpartie in gleicher Richtung wie auf der Außenseite konisch ausgebildet. Zwischen Spannpartie und
- 15 Umformpartie kann auch ein stufenförmiger Übergangsabschnitt angeordnet sein. Der Übergangsabschnitt kann dabei so ausgebildet und dimensioniert sein, dass dort mindestens ein Plattensitz zur Aufnahme einer Schneidplatte einformbar ist. Um die Strömungseigenschaften in den Kühlmittelkanälen zu verbessern, hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn der Strömungskanal im Übergangsabschnitt gegenüber der Spannpartie erweitert ist.
- 20
- 25 Zur Herstellung des rohrförmigen Rohlings für die spanlose Umformung bei der Herstellung von Bohrwerkzeugen wird zweckmäßig von einem Rohrstück mit konstantem Innen- und Außendurchmesser ausgegangen, das unter Bildung einer gegenüber einer Spannpartie dünnerwandigen Umformpartie zumindest partiell über einen Dorn von außen her umgeformt, vorzugsweise rundgeknetet wird, oder an seiner Innen- und/oder Außenfläche abgespannt, vorzugsweise aufgebohrt oder abgedreht wird. Die Spannfläche kann in die Außenfläche der Spannpartie entweder spanabhebend oder spanlos eingeformt werden.
- 30

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einiger bevorzugter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen

5 Fig. 1a eine Seitenansicht eines fertigen Bohrwerkzeugs mit wendelförmiger Spannute, verdicktem Spannschaft und angesetzter Bohrspitze;

10 Fig. 1b einen Schnitt entlang der Schnittlinie B-B der Fig. 1a in vergrößerter Darstellung;

Fig. 2a bis d vier Ausführungsbeispiele von rohrförmigen Rohlingen für die Herstellung von Bohrwerkzeugen;

15 Fig. 3a einen rohrförmigen Rohling mit Spannfläche und ovalem Innendurchgang;

Fig. 3b einen Längsschnitt durch den Rohling nach Fig. 3a;

20 Fig. 4 einen Längsschnitt durch einen Rohling mit in der Spannpartie eingestrichelter Spannfläche und konischem Innendurchgang in der Umformpartie.

In Fig. 1a und b ist ein Bohrwerkzeug dargestellt, das einen einstückigen Bohrerkörper 10 mit gewendelten Spannuten 12 und angeformter Spannpartie 16 sowie eine am Bohrerkörper 10 über einer Lötstelle 18 stoffschlüssig angesetzte Bohrspitze 20 aufweist. Der Bohrerkörper 10 wird aus einem rohrförmigen Rohling 22 hergestellt, der einen durchgehenden Zentralkanal 24 aufweist und dessen Wandstärke über die Länge variiert (Fig. 2a bis d). Bei der Herstellung des Bohrwerkzeugs nach Fig. 1 werden die Spannuten 12 im Rundknetverfahren in die Umformpartie 26 eingeformt. Gleichzeitig wird der Zentralkanal 24 im Bereich der Umformpartie 26 zu Kühlmittelkanal-

25
30

len 27 umgestaltet, die entlang der wendelförmigen Rippen 28 zwischen den Spannuten 12 bis zu den Austrittsstellen 30 im Bereich der Bohrspitze 20 verlaufen. Die Kühlmittelkanäle 27 erhalten beim Umformvorgang im Bereich der Umformpartie 26 einen dreieckigen Querschnitt, dessen äußere Begren-
5 zungsseite 40 eine zur teilzylindrischen Außenfläche 42 der betreffenden Rippen 28 partiell konzentrische nach außen konvexe Krümmung aufweist und dessen sich nach innen hin anschließende innere Begrenzungsseiten 44,46 sich in einer zur Bohrerachse 48 weisenden Dreiecksseite 50 spitzwinklig treffen (vgl. DE-A-198 56 986). In dem Übergangsabschnitt 32 zwi-
10 schen der Umformpartie 26 und der Spannpartie 16 gehen die beim Rundknetverfahren eingeformten Kühlkanäle stufen- und ansatzfrei in den Zentralkanal im Bereich der Spannpartie über.

Das Bohrwerkzeug nach Fig. 1a weist außerdem eine Spannfläche 17 auf,
15 die im Bereich der Spannpartie 16 des Rohlings entweder spanend oder spanlos eingeformt wird. Die Spannfläche 17 kann entweder achsparallel verlaufen, wie im Falle der Fig. 1a oder sie kann schräg ausgerichtet sein wie bei den in Fig. 3a, b und 4 gezeigten Ausführungsbeispielen. Bei dem in Fig. 3a und b gezeigten Ausführungsbeispiel ist der innenseitige Umriss des
20 Zentralkanals 24 zumindest über die Länge der Spannpartie 16 so elliptisch ausgebildet, dass sich auf der Seite der Spannfläche 17 eine größere Wandstärke ausbildet. Der elliptische Zentralkanal 24 kann sich auch in die Umformpartie 26 fortsetzen. In diesem Falle werden die Kühlkanäle 27 beim Umformvorgang elliptisch spiralisiert.

25

Bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Zentralkanal 24 bei konstantem Rohraußendurchmesser über die Länge der Umformpartie konisch erweitert. Mit dieser Maßnahme werden die beim Umformvorgang gebildeten Kühlkanäle 27 zur Bohrspitze hin vergrößert.

30

Die Spannpartie 16 muss beim Einspannen in einen Werkzeugschaft Spannkkräfte aufnehmen, ohne dass es dabei zu einer plastischen Verformung kommen darf. Andererseits muss der Rohling im Bereich der Umformpartie 26 zur Einbringung der Spannuten 12 durch plastische Verformung gezielt umgeformt werden. Um die widerstreitenden Bedingungen hinsichtlich Festigkeit und Verformbarkeit zu erfüllen, ist die Wandstärke des rohrförmigen Rohlings 22 in der Spannpartie 16 größer als in der Umformpartie. Dies kann bei gleichbleibendem Innendurchmesser des Zentralkanal 24 durch einen vergrößerten Außendurchmesser im Bereich der Spannpartie 16 (Fig. 2a) oder bei gleichbleibendem Außendurchmesser durch einen verkleinerten Innendurchmesser des Zentralkanal 24 im Bereich der Spannpartie (Fig. 2b) verwirklicht werden. Bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 2c und d weisen sowohl die Außenwand als auch der Zentralkanal 24 unterschiedliche Durchmesser im Bereich der Spannpartie 16 und der Umformpartie 26 auf. Im Falle der Fig. 2b bis d ist ein zusätzlicher Übergangsabschnitt 32 vorgesehen, der sowohl an der Außenwand als auch im Zentralkanal 24 konisch verlaufen kann (Fig. 2d). Bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 2b und c entsteht bei der Umformung im Übergangsabschnitt 32 eine Einströmkammer 34 mit erweitertem Querschnitt, wie sie in Fig. 1a gezeigt ist.

Zur Herstellung der rohrförmigen Rohlinge 22 nach Fig. 2a bis d kann von einem Rohrstück mit konstantem Innen- und Außendurchmesser ausgegangen werden, das unter Bildung einer gegenüber der Spannpartie 16 dünnerwandigen Umformpartie 26 an seiner Innen- und/oder Außenfläche abgespannt, vorzugsweise aufgebohrt oder abgedreht, oder partiell über einen Dorn von außen her umgeformt, vorzugsweise rundgeknetet wird.

Zusammenfassend ist folgendes festzuhalten: Die Erfindung bezieht sich auf einen rohrförmigen Rohling 22 zur Herstellung von Bohrwerkzeugen, wobei der Rohling eine unter Eiformen von Spannuten 12 und Kühlmittelkanälen

- spanlos umformbare Umformpartie 26 aufweist und das fertige Bohrwerkzeug mit einem Schaft zur Einspannung in einer Werkzeugmaschine sowie mit einer mit Schneiden versehenen Bohrspitze 20 bestückbar ist. Um den Bedingungen an die Festigkeit und die Umformbarkeit gerecht zu werden,
- 5 weist der rohrförmige Rohling 22 eine am schaftseitigen Ende der Umformpartie 26 angeordnete, einstückig mit dieser verbundene Spannpolie 16 auf, deren Rohrwandstärke größer als im Bereich der Umformpartie 26 ist.

Patentansprüche

1. Rohrförmiger Rohling zur Herstellung von Bohrwerkzeugen, wobei der Rohling eine unter Eiformen von Spannuten (12) und Kühlmittelkanälen spanlos umformbare Umformpartie (26) aufweist und das fertige Bohrwerkzeug mit einem Schaft zur Einspannung in eine Werkzeugmaschine sowie mit einer mit Schneiden versehenen Bohrspitze (20) bestückbar ist, **gekennzeichnet durch** eine am schaftseitigen Ende der Umformpartie (26) angeordnete, einstückig mit dieser verbundene Spannpartie (16), deren Rohrwandstärke größer als im Bereich der Umformpartie (26) ist.
2. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohraußendurchmesser im Bereich der Spannpartie (16) größer als im Bereich der Umformpartie (26) ist.
3. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrrinnendurchmesser im Bereich der Spannpartie (16) und der Umformpartie (26) gleich groß ist.
4. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrrinnendurchmesser im Bereich der Spannpartie (16) kleiner oder größer als im Bereich der Umformpartie (26) ist.
5. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Außenseite der Spannpartie (16) eine vorzugsweise ebene Spannfläche (17) angeordnet ist.
6. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrrinnendurchmesser über die Länge der Spannpartie (16) konstant ist.

- 5 7. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rohrinnendurchmesser über die Länge der Spannpartie (16) variiert und im Bereich der Spannfläche (17) kleiner als außerhalb der Spannfläche (17) ist.
- 10 8. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannfläche (17) parallel zur Rohrachse verläuft.
9. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannfläche (17) schräg zur Rohrachse ausgerichtet ist.
- 15 10. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet durch** einen Zentralkanal (24), der zumindest über die Länge der Spannpartie (16) einen ovalen oder elliptischen Umriss aufweist.
- 20 11. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannfläche (17) im Bereich des kleineren Rohrinnendurchmessers angeordnet ist.
- 25 12. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** einen Zentralkanal, der zumindest über einen Teil der Länge der Umformpartie (26) zum freien Ende hin bei konstantem Rohraußendurchmesser konisch divergiert.
- 30 13. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsabschnitt (32) außenseitig zwischen der Spannpartie (16) und der Umformpartie (26) konisch verläuft.

- 5
14. Rohrförmiger Rohling nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsabschnitt innenseitig zwischen Spannpartie (16) und Umformpartie (26) in gleicher Richtung wie auf der Außenseite konisch verläuft.
- 15
15. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Spannpartie (16) und Umformpartie (26) ein stufenförmiger Übergangsabschnitt (32) angeordnet ist.
- 10
16. Rohrförmiger Rohling nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsabschnitt (32) so ausgebildet und dimensioniert ist, dass dort mindestens ein Plattensitz zur Aufnahme einer Schneidplatte einformbar ist.
- 15
17. Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Rohlings (22) für die spanlose Umformung bei der Herstellung von Bohrwerkzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rohrstück mit konstantem Innen- und Außendurchmesser unter Bildung einer gegenüber einer Spannpartie (16) dünnerwandigen Umformpartie (26) an seiner Innen- und/oder Außenfläche abgespannt, vorzugsweise aufgebohrt oder abgedreht wird.
- 20
18. Verfahren zur Herstellung eines rohrförmigen Rohlings (22) für die spanlose Umformung bei der Herstellung von Bohrwerkzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rohrstück mit konstantem Innen- und Außendurchmesser unter Bildung einer gegenüber einer Spannpartie (16) dünnerwandigen Umformpartie (26) zumindest partiell über einen Dorn von außen her umgeformt, vorzugsweise rundgeknetet wird.
- 25
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass in die Außenfläche der Spannpartie (16) eine Spannfläche (17) span-
- 30

abhebend oder spanlos eingeformt wird.

5 20. Verwendung des rohrförmigen Rohlings nach einem der Ansprüche 1 bis 16 zur Herstellung von Bohrwerkzeugen, wobei die Umformpartie (26) unter Bildung von Spannnuten (12) und von Kühlmittelkanälen (27) spanlos umgeformt wird.

10 21. Verwendung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umformpartie (26) im Rundknetverfahren umgeformt wird.

22. Verwendung nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlmittelkanäle (27) vom Zentralkanal der Spannpartie (16) in die Umformpartie (26) stufen- und ansatzfrei eingeformt werden.

15 23. Verwendung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich der Spannpartie (16) ein Spannschaft zur Einspannung in eine Werkzeugmaschine aufgespannt oder aufgeschrumpft wird.

20

Zusammenfassung

Rohrförmiger Rohling zur Herstellung von Bohrwerkzeugen

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen rohrförmigen Rohling (22) zur Herstellung von Bohrwerkzeugen, wobei der Rohling eine unter Einformen von Spannuten (12) und Kühlmittelkanälen spanlos umformbare Umformpartie (26) aufweist und das fertige Bohrwerkzeug mit einem Schaft zur Einspannung in einer Werkzeugmaschine sowie mit einer mit Schneiden versehenen
- 10 Bohrspitze (20) bestückbar ist. Um den Bedingungen an die Festigkeit und die Umformbarkeit gerecht zu werden, weist der rohrförmige Rohling (22) eine am schaftseitigen Ende der Umformpartie (26) angeordnete, einstückig mit dieser verbundene Spannpartie (16) auf, deren Rohrwandstärke größer als im Bereich der Umformpartie (26) ist.

15

(Fig. 2a)

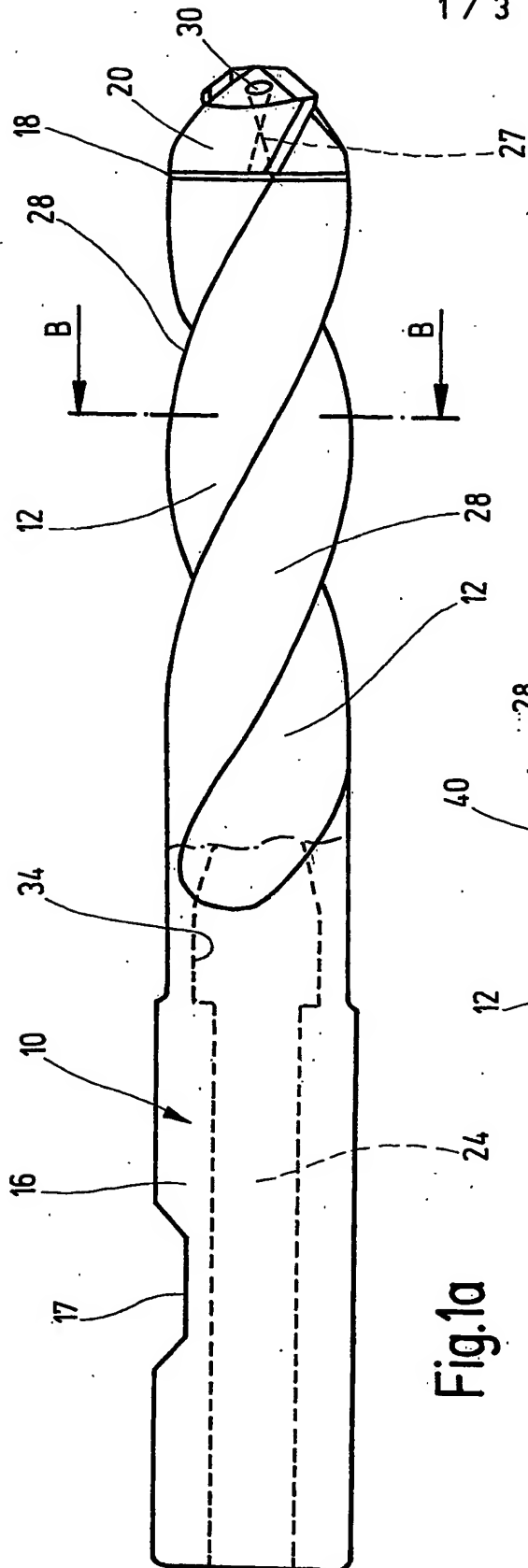


Fig. 1a

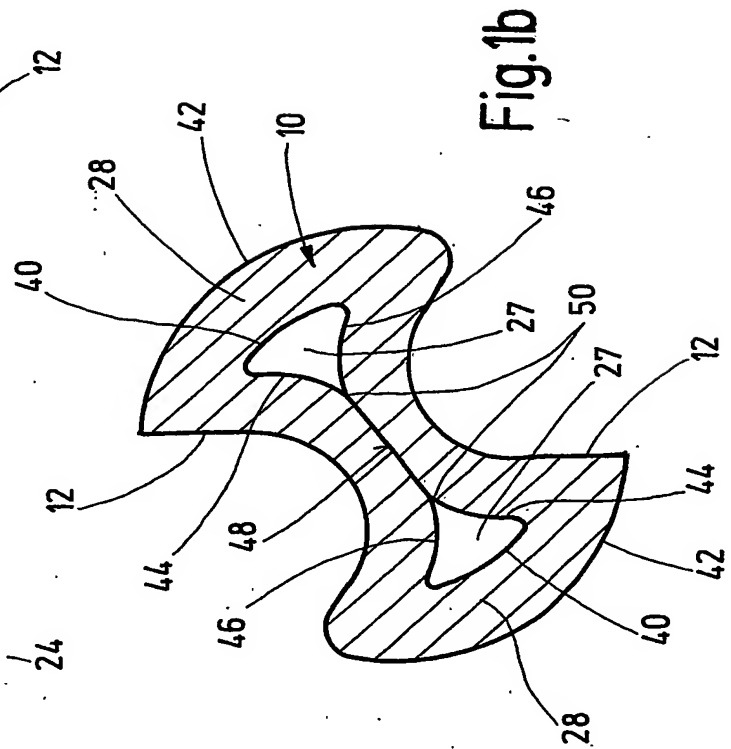


Fig. 1b

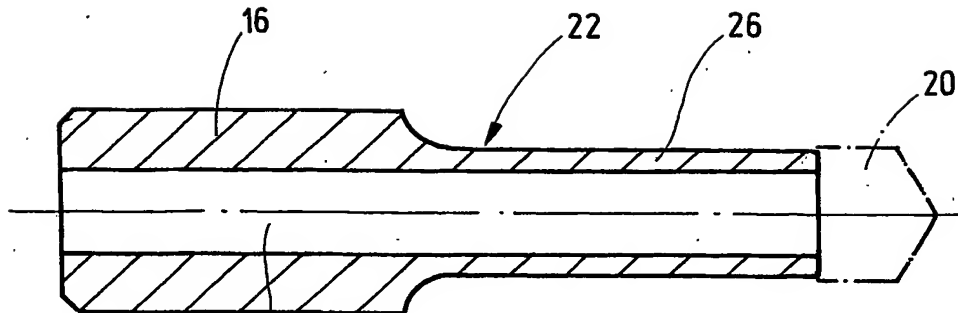


Fig. 2a

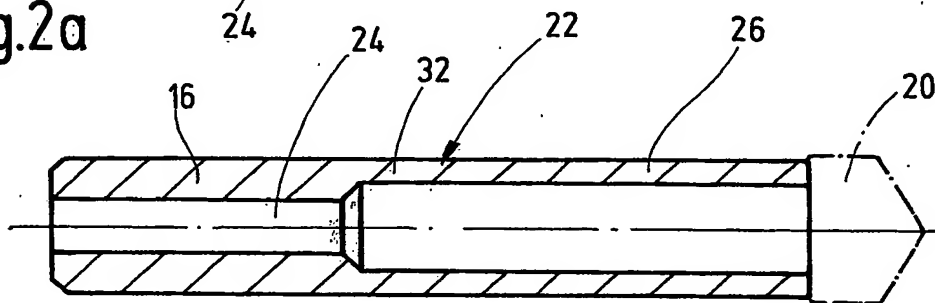


Fig. 2b

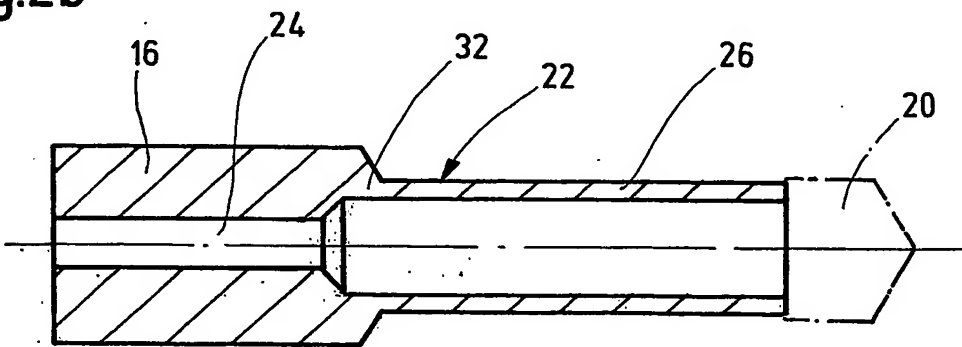


Fig. 2c

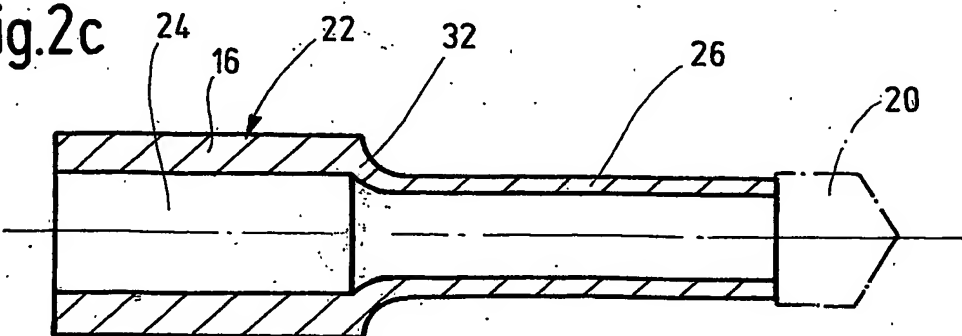


Fig. 2d

